

文章编号: 1673-8411(2019)02-0021-05

一次北部湾海雾天气过程的大气边界层特征分析

叶庚姣, 郑凤琴*, 钟利华

(广西壮族自治区气象服务中心, 南宁 530022)

摘要: 利用常规地面和高空气象观测资料、风廓线雷达和NCEP/NCAR再分析资料, 分析了2016年2月11~13日导致北海-涠洲岛航线停航的典型平流型海雾天气过程的环流形势、边界层特征。结果表明: 此次海雾天气过程, 近地面层风速较小约 $3\sim 5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 为东南风; 850hPa附近, 有 $12\sim 15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风急流; 500m以下, 具有一定的垂直风切变, 水平风切变越小, 海雾天气越严重。海雾期间的大气层结为中性状态, 混合层厚度低于500m, 且混合层厚度越低, 能见度也越低, 海雾天气越严重。此外, 925hPa附近存在逆温层、地面的相对湿度较大(约95%)和温度露点差较小($1\sim 2^\circ\text{C}$)均是该次海雾天气的明显特征。以上这些大气边界层特征可作为北部湾平流型海雾天气预报的参考依据。

关键词: 北部湾; 海雾; 大气边界层; 特征分析

中图分类号: P44

文献标识码: A

Characteristic Analysis of Atmospheric Boundary Layer for a Sea Fog Weather Process in Beibu Gulf

Ye Gengjiao, Zheng Fengqin, Zhong Lihua

(Guangxi Meteorological Service Center, Nanning 530022)

Abstract: The circulation situation and boundary layer characteristics of the typical advection sea fog weather process which caused the suspension of the Beihai-Weizhou Island route from 11 to 13 February 2016 are analyzed by using the conventional ground and high-altitude meteorological observation data, wind profiler radar and NCEP/NCAR reanalysis data. Results show that during this sea fog process, there is southeast wind ($3\sim 5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) near the surface layer, and near 850 hPa is southwest wind jet ($12\sim 15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). With a certain vertical wind shear below 500 m, the smaller the horizontal wind shear, the severer the sea fog. The atmospheric stratification during sea fog is neutral, and the thickness of mixed layer is less than 500 m. The lower the height of the mixed layer, the lower the visibility and the severe the sea fog weather. In addition, the existence of inversion layer near 925 hPa, the high relative humidity of the ground (about 95%) and the small temperature dew point difference ($1\sim 2^\circ\text{C}$) are the obvious characteristics of this process. In brief, the characteristics of boundary layer above can be used as a reference for predicting advection sea fog weather in Beibu Gulf.

Keywords: Beibu gulf; sea fog; atmospheric boundary layer; characteristic analysis

引言

海雾是发生在海上或沿海地区上空使大气水平能见度小于1 km的一种天气现象, 具有很强的地理分布, 在南海主要出现在北部湾海区^[1]。北

部湾海雾以平流雾为主, 多发生在冬季和春季, 尤以2~4月较多, 其中有95%的海雾形成于后半夜到早上^[2-3]。海雾导致海面能见度降低, 严重影响港口作业、海洋运输、海洋渔业等海洋安全生产活动。因此, 及时有效地预测海雾天气对

收稿日期: 2019-02-28

基金项目: 广西自然科学基金项目(2016GXNSFAA380330), 广西壮族自治区气象服务中心自立项目(201806)

作者简介: 叶庚姣(1992-), 女, 江西赣州人, 硕士, 助理工程师, 主要从事专业气象服务工作。E-mail: 1518611932@qq.com

* 通讯作者: 郑凤琴(1978-), 女, 广东潮州人, 硕士, 高级工程师, 主要从事应用气象研究与预报工作。

防灾减灾具有重要的意义。

目前的海雾预报方法主要有天气学方法、统计方法和数值预报方法^[4]。天气学方法通过分析天气系统与海雾之间的联系总结出天气模型,对预报业务有一定的参考价值,但由于受预报员的主观经验影响较大,预报准确率和可靠性不够稳定。统计预报方法是通过对历史资料进行统计分析,建立海雾与气象因子之间的预报模型,该方法易受历史观测数据质量和样本数的影响,且缺乏对海雾天气过程物理机制的描述^[5]。随着计算机的发展,国内外利用数值模式进行海雾模拟和预报的研究越来越多^[6-11],如今已成为海雾天气预报的重要方法。在海雾数值模拟研究中,边界层参数方案的选择至关重要。因此,了解海雾天气的大气边界层特征,有助于加深对海雾天气发生机制的认识,为数值模式提供合理的边界层参数方案,从而提高海雾数值模拟的准确性。

2016年2月11~13日的凌晨,北部湾海区出现了水平能见度小于1km的海雾天气,其中北海观测到的最低能见度为300m,对航线的正常运行造成了严重的影响。因此,本文利用常规地面和高空的气象观测资料、边界层风廓线雷达资料以及NCEP/NCAR再分析资料对该过程进行分析,试图归纳出这次过程的大气边界层特征,为北部湾海雾天气的预报和海雾数值模式中边界层参数方案的改进提供参考依据。

1 资料与方法

观测资料均由广西壮族自治区气象信息中心提供,包括2016年2月9~13日北海、钦州、防城港、涠洲岛气象站的雾观测资料,北海气象站的地面观测资料(总云量、低云量、地面风速)、高空观测资料(温度、露点、相对湿度)、边界层风廓线雷达资料(水平风速风向、垂直速度);2016年2月9~15日逐6h海平面气压场、500hPa和850hPa高度场、风场等NCEP/NCAR再分析资料,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。采用Pasquill稳定度分类法^[12-13]计算大气层结稳定性和混合层高度,大气稳定度分为强不稳定、不稳定、弱不稳定、中性、较稳定和稳定共六级。

2 环流形势分析

2016年2月11~13日的凌晨,北部湾沿岸测站(钦州、防城港、北海)均观测到能见度小于1km的浓雾天气,其中北海气象站的能见度变化如图1所示。由图1可知,11日03~06时,北海气象站的能见度持续4个小时低于1km,最低能见度为600m;12日凌晨,北海的最低能见度

为500m;13日清晨,持续3个小时能见度低于500m,最低能见度仅为300m。此次过程的最低能见度为200m,出现在2月11日和12日的钦州、12日和13日的涠洲岛。

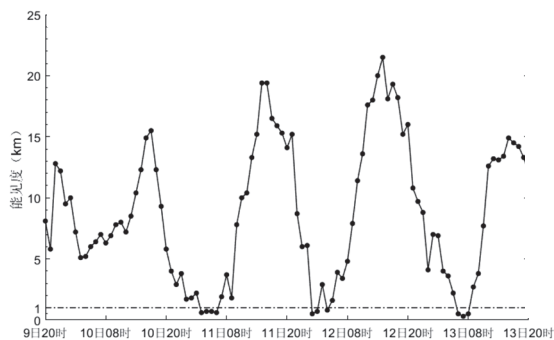


图1 2016年2月9日20时~13日20时
北海气象站的能见度变化

分析海雾期间的环流形势场可知,海雾发生前,广西地面受冷高压控制,等压线呈南-北向分布,500hPa南支槽明显。11日,地面高压出海,西南暖低压发展,北部湾位于暖低压的南侧,受西南或偏南气流影响(见图2a)。850hPa上中南海岛有暖中心存在,在广西上空盛行西南急流,使得暖湿气流源源不断地输送到广西上空。500hPa高空受南支槽前较宽厚的偏南气流影响(见图2b),西太平洋副热带高压加强西伸,副高边缘偏南气流和槽前偏南气流,使来自海上暖且湿度较高的气流经过北部湾温度较低的海面冷却凝结形成雾,属于平流型海雾^[2,14-15]。12~13日,500hPa南支槽东移,冷空气逐渐南下,至13日20时到达广西北部,14日冷空气控制广西,海雾天气过程结束。

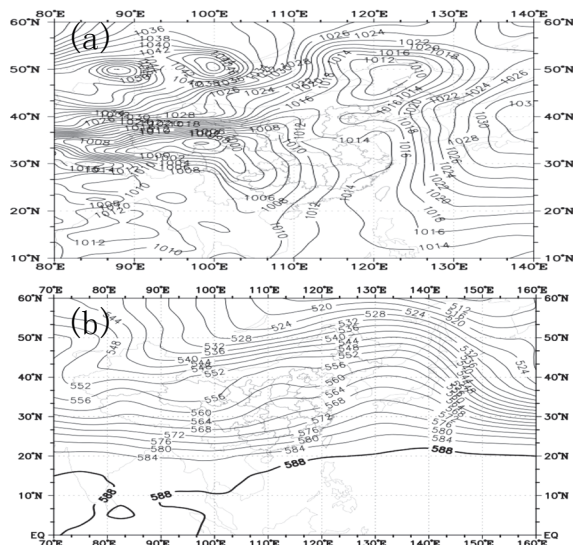


图2 2016年2月11日20时的环流形势:
(a) 海平面气压; (b) 500hPa高度场

3 边界层特征分析

稳定的大气层结、适宜的风速和相对湿度是海雾发展和维持的重要条件^[1]。2017 年, 陈燕丽等^[16]进一步指出在相对湿度越大, 风速越小时北部湾海雾天气出现的可能性越大。下面将从风速廓线、大气层结稳定度、混合层厚度、温湿度廓线着手分析 2016 年 2 月 11 ~ 13 日海雾天气过程的边界层特征。

3.1 风速廓线

分析 2 月 11 日和 12 日海雾发生期间的风廓线如图 3 所示。由图 3a 可知, 11 日 04 时和 12 日 04 时, 近地面的水平风速均较小, 500m 以下水平风速小于 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 其中 12 日 04 时, 100m 高度处的水平风速仅为 $0.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。1000 ~ 1500m 高度,

也即 850hPa 附近, 有 $12\sim 15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风急流。从图 3b 中 11 日和 12 日的水平风向廓线可知, 海雾期间, 近地面为东风或东南风, 至 500m 高度为南风, 1000m 转为西南风后, 风向随高度变化微小。分析海雾期间垂直风速的分布情况 (图 3c) 发现, 从地面至 500m 有弱的正垂直风速, 约为 $0.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 即呈下沉运动, 500 ~ 2000m 之间平均垂直速度小于 0, 即呈上升运动。

对比 11 日 04 时和 12 日 04 时的风廓线发现, 从地面到 500m, 11 日 04 时的水平风速垂直切变微小, 风向转变也较小, 12 日 04 时的水平风切变则较大。而与 11 日 04 时相比, 12 日 04 时的垂直风切变却较小。由两个时次的能见度可知, 12 日 04 时的能见度大于 11 日 04 时, 且 12 日 03 时能见度大于 1km。可见, 500m 以下, 具有一定的垂直风切变, 水平风切变越小, 海雾越严重。

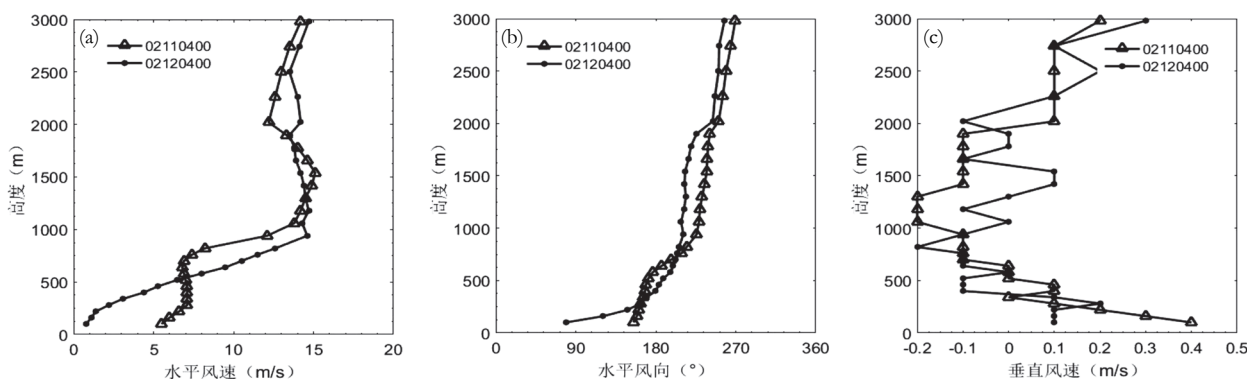


图 3 2 月 11 日、12 日海雾期间 (04 时) 的风廓线

3.2 大气稳定度及混合层厚度

采用 Pasquill 稳定度分类法计算 2016 年 2 月 09 ~ 13 日的大气稳定度和混合层厚度如图 4 所示。由图 4 可以看到, 海雾发生期间 (10 日 22 时 ~ 11 日 08 时、11 日 22 时 ~ 12 日 08 时、12 日 22 时 ~ 13 日 08 时), 大气层结均为中性状态。结合图 1 分析可知, 2016 年 2 月 11 日凌晨出现能见度小于 1km 的雾, 混合层厚度小于 500m。与 11 日相比, 12 日的海雾过程持续时间较短, 虽然大气仍为中性, 但其混合层高度较高, 约为 500m。13 日凌晨, 北海和涠洲岛均观测到该过程的最低能见度, 混合层厚度约 200m。对比大气稳定度和混合层厚度的日变化发现, 大气层结越稳定, 混合层厚度越低, 大气层结越不稳定, 混合层厚度越高。

归纳可得, 海雾发生期间, 大气层结为中性状态, 混合层厚度低于 500m, 且混合层厚度越低, 能见度也越低, 海雾天气越严重。

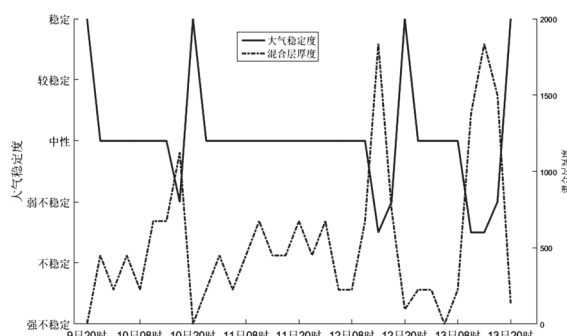


图 4 2016 年 2 月 9 日 20 时 ~ 13 日 20 时的大气稳定度及混合层厚度

3.3 温度廓线

图 5 是 2016 年 2 月 9 ~ 13 日 08 时 (图 5a) 和 20 时 (图 5b) 的温度 - 气压廓线。由图 5a 可知, 海雾日 (10 ~ 13 日) 的 08 时, 1000 hPa 到 925hPa 之间温度随高度增加而升高, 之后随着高度的增加温度降低, 也即在 925hPa 附近存在逆温层。9 日 08 时在 850hPa 附近也存在逆

温层,但因为逆温层较高,不利于海雾的形成。由20时的温度气压廓线(图5b)可知,除了13日20时因受暖舌控制地面温度较高之外,9~12日在

925hPa均存在逆温层。逆温层的存在进一步的表明该次海雾过程是由于暖湿空气移到较冷的水面低层冷却而形成的平流雾^[15]。

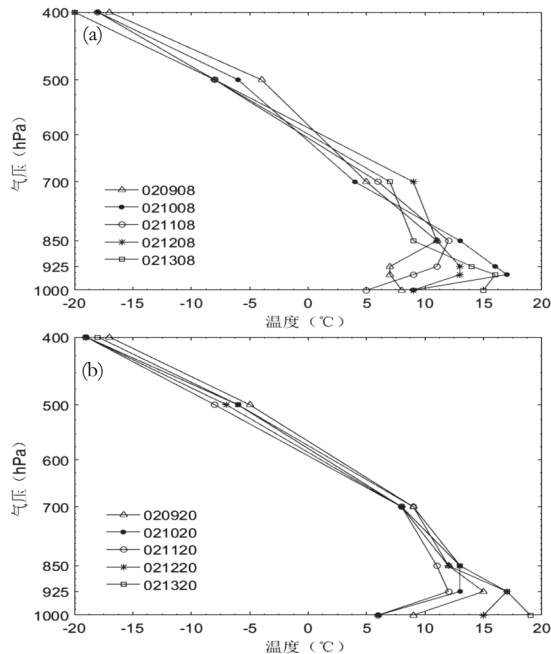


图5 2016年2月9~13日的温度-气压廓线:
(a) 08时, (b) 20时

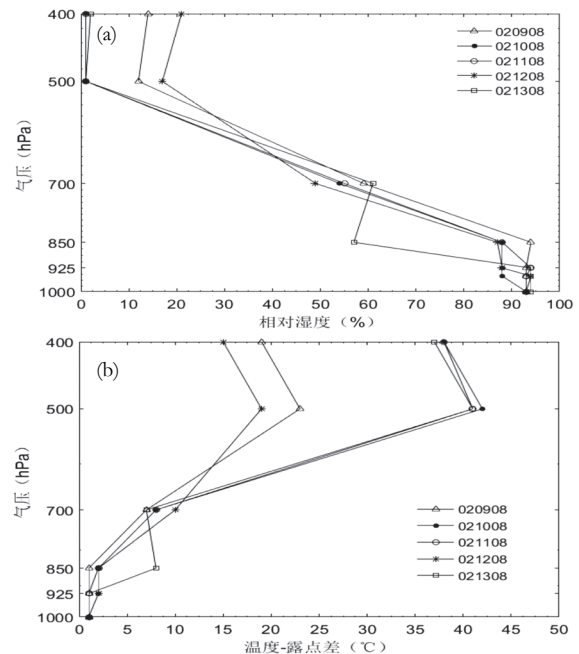


图6 2016年2月9~13日08时的湿度-气压廓线:
(a) 相对湿度, (b) 温度-露点差

3.4 湿度廓线

分析2016年2月9~13日08时的湿度-气压廓线如图6所示。由图6a可知,2月9-13日08时,地面的相对湿度均较大,达94%;9~12日08时,从地面到850hPa相对湿度均大于85%,850hPa以上,相对湿度急速减小。由图6b可知,9-12日,从地面到850hPa温度露点差均在1~2℃之间,850hPa以上,温度露点差增大。这些湿度特征与文献^[9、11]的结论一致。需要说明的是,13日08时冷空气前端已到达黔桂交界处,北部湾海面仍受暖低控制,但850hPa有部分冷空气侵入,因此湿度较低,温度露点差也较大。

4 总结

(1) 海雾期间,近地面层风速较小约 $3 \sim 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,为东南风;850hPa附近,有 $12 \sim 15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南风急流;500m以下,具有一定的垂直风切变,水平风切变越小,海雾天气越严重。

(2) 大气层结为中性状态,925hPa附近存在逆温层,混合层厚度低于500m,且混合层厚度越低,能见度也越低,海雾天气越严重。

(4) 850hPa及以下,相对湿度大于85%,温度露点差较小,约 $1 \sim 2^\circ\text{C}$ 。

本文针对一次典型的平流型海雾天气过程进行了边界层特征分析,对平流型海雾天气的预报具有一定的参考依据。更多的同类型以及其它类型海雾天气过程的边界层特征还有待进一步分析和对比总结。

参考文献:

- [1] 王彬华. 海雾[M]. 北京:海洋出版社,1983:1-352.
- [2] 卢峰本,黄滢,覃庆第. 北部湾海雾气候特征分析及预报[J]. 海洋预报,2006,23(S1):68-72.
- [3] 陈燕丽,黄永璘,何立,等. 北部湾海雾气候特征及变化初步解释[J]. 科学技术与工程,2016,16(36):127-132.
- [4] 韩美,高珊,曾瑾瑜,等. 台湾海峡西岸海雾研究现状与未来发展方向[J]. 气象科技,2016,44(6):928-955.
- [5] 史得道,吴振玲,高山红,等. 海雾预报研究综述[J]. 气象科技进展,2016,6(2):49-55.
- [6] Fisher E L, Caplan P. An Experiment in Numerical Prediction of Fog and Stratus[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 2010, 20(5):425-437.
- [7] Koracin D, Businger J A, Dorman C E, et al. Formation, evolution and dissipation of coastal sea fog[J]. Boundary Layer Meteorology, 2005, 117(3):447-478.
- [8] 胡瑞金. 海雾过程中海洋气象条件影响数值研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 1997, 27(3):282-290.

(下转第41页)

3.5 加强组织保障, 确保业务体系建设

(1) 加强统筹协调。加强组织协调, 做好建设规划, 统筹资金投入, 理顺业务关系, 明确职责分工, 建立高效顺畅的业务运行机制。

(2) 加强科技创新。加强交流合作, 引进和推广先进技术。优化整合科研项目、基金申报, 加大对生态气象相关领域技术研究和开发等创新活动的支持, 加快科技成果的转化和推广应用。

(3) 加强人才队伍建设。面向生态文明建设气象保障服务业务发展需求, 充实自治区级生态气象骨干人才, 充分发挥生态创新团队作用, 与高等院校、科研院所开展合作, 加强气象、生态、环境等领域复合型人才的培养。

(4) 推进共享合作。强化与生态环境等部门之间的合作与交流, 推动地方各级、各相关部门签订合作协议, 保障信息交换共享与业务合作。

4 结束语

中国气象局为全面贯彻落实党中央、国务院关于生态文明建设与应对气候变化的总体部署和要求, 2017 年 12 月印发了《中国气象局关于加强生态文明建设气象保障服务工作的意见》, 对提升生态系统保护气象服务能力、发挥气象服务绿色发展的保障作用、强化大气环境治理气象预报服务、提升生态文明气象保障服务依法履职水平、夯实生态文明建设气象业务基础等提出了新的要求。广西气象局应当以“需求牵引, 突出特色, 统筹规划, 突出重点, 科技支撑, 强化合作”为原则, 在前期业务服务工作的基础上, 大胆探索、设计和形成生态文明建设气象保障机制有效运行的制度体系, 建成较为完善生态气象服务体系, 大力提升广西生态气象服务水平, 实现绿色发展, 提供高质量的气象服务。

参考文献:

[1] 广西壮族自治区气候中心. 广西气候[M]. 北京: 气象出版社, 2007.

- [2] 孟阳. 建设生态文化推动广西生态文明示范区建设[J]. 当代广西, 2011, (13): 52-53.
- [3] 李干杰. “生态保护红线”——确保国家生态安全生命线[J]. 求是, 2014, (2): 44-46.
- [4] 秦莹. 广西在“一带一路”战略中的现状、优势及路径选择[J]. 现代经济信息, 2017, (8): 16-16.
- [5] 孙明, 钟仕全, 谢敏, 等. 天宫二号对地观测数据在生态评价中的应用研究[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(4): 38-41.
- [6] 黄肖寒, 陈燕丽, 黄冬梅. 基于气候信息的河池市植被 NDVI 模拟[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(4): 42-45.
- [7] 伍秀莲, 白先达. 气候变化对漓江生态环境的影响[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(1): 97-101.
- [8] 党国花, 罗红磊, 周慧僚, 等. 河池市旅游气象服务现状及发展对策研究[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 69-71, 76.
- [9] 黎馨, 葛意活, 吴蓓茵, 等. 贺州市旅游气候资源评估分析[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(2): 52-55, 67.
- [10] 黄雪松, 陆虹, 廖雪萍, 等. 广西典型石漠化区旱涝灾害分布特征及防御对策[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(2): 59-61.
- [11] 陈华. 坚持把生态文明建设作为实现“富民强桂”的重要着力点[J]. 当代广西, 2010, (24): 29-29.
- [12] 陈华. 广西建设生态省的战略对策思考[J]. 桂海论丛, 2005, 21(5): 30-32.
- [13] 廖国莲, 莫雨淳, 郑凤琴, 等. 广西北部湾经济区灰霾状况分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 61-63, 68.
- [14] 梁岱云, 苏兆达, 白龙. 南宁市灰霾天气概念模型及预报研究[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(2): 30-37.
- [15] 孙明, 钟仕全, 莫建飞, 等. 基于高分卫星遥感数据的广西中小流域地表植被特征分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(1): 79-81, 86.
- [16] 钟仕全, 莫建飞, 罗永明, 等. 基于 GF-1 遥感数据监测的岩溶洼地洪涝灾害特征分析[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1): 83-87.
- [17] 熊文兵, 罗永明, 曾鹏, 等. 广西森林火险等级精细化监测与预报系统研究[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(2): 59-63.
- [18] 陆虹, 覃卫坚, 李艳兰, 等. 近 40 年广西石漠化地区气候变化特征分析[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(1): 6-9.
- [19] 周美丽, 廖雪萍, 周秀华. 全球变暖背景下广西典型石漠化区降水响应研究[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1): 72-75.
- [20] 黄子航, 黄干淇. 广西西江流域大雾的气候特征及大雾类型分类[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(2): 22.

(上接第 24 页)

- [9] 傅刚, 张涛, 周文琇. 一次黄海海雾的三维数值模拟研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2002, 32(6): 859-867.
- [10] 王帅, 傅聘, 陈德林, 等. 2009 年春季一次黄海海雾的观测分析及数值模拟[J]. 大气科学学报, 2012, 35(3): 282-294.
- [11] 黄彬, 陈涛, 陈炯, 等. 黄渤海海雾数值预报系统及检验方法研究[J]. 气象科技, 2009, 37(3): 271-275.
- [12] 张同智, 袁启光. 大气稳定度对污染物扩散的影响[J]. 黑龙江气象, 2009, 26(2): 25-27.
- [13] 周淑贞, 束炯. 城市气候学[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 100-105.

- [14] 《广西天气预报技术手册》编写组. 广西天气预报技术和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2012: 348-353.
- [15] 孔宁谦. 广西沿海雾的特征分析[J]. 广西气象, 1997, 18(2): 41-45.
- [16] 陈燕丽, 郭晓薇, 黄永璘, 等. 广西北部湾海雾天气形成预测研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(27): 133-137.
- [17] 黄滢, 江源源, 郭亮. 广西沿海雾的气候特征及形成条件分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15343-15345.